ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 FÉVRIER 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *A. Müntz*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Gabriel Bertrand	obtient.	22	suffrages
M. Pierre Viala	»	20	»
M. Léon Lindet	»	8	»

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Pierre Viala	obtient.	26	suffrages
M. Gabriel Bertrand	»	22	»
M. Léon Lindet	»	2	»

M. **Pierre Viala**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

MM. **A. d'Arsonval** et **F. Bordas** adressent un rapport relatif à l'emploi qu'ils ont fait de la subvention qui a été accordée à l'**Institut d'Hydrologie et de Climatologie** sur la *Fondation Loutreuil* en 1917.

M. Carvallo adresse un rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1915.

M. W. Kilian, élu Membre non résidant, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, plusieurs brochures de M. L. Faraud traitant *diverses questions d'aéronautique*, présentées par M. Ch. Lallemand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux extensions des fractions continues algébriques.* Note (¹) de M. A. Angelesco, présentée par M. Appell.

1. Dans son Mémoire (²) *Sur la généralisation des fractions continues algébriques*, Hermite envisage le problème de la détermination des polynomes $N_1(x), N_2(x), \ldots, N_p(x)$ de degrés $n_1, n_2, \ldots, n_p$ tels que la fonction linéaire

$$N_1 S_1 + N_2 S_2 + \ldots + N_p S_p, \tag{1}$$

où $S_1, S_2, \ldots, S_p$ désignent p développements de la forme

$$\frac{\alpha}{x} + \frac{\beta}{x^2} + \frac{\gamma}{x^3} + \ldots,$$

ne contient aucun des termes en $\frac{1}{x}, \frac{1}{x^2}, \frac{1}{x^{n_1+n_2+\ldots+n_p+p-1}}$. Désignons par E le groupe des termes entiers en x dans la fonction (1) et posons

$$\nu = n_1 + n_2 + \ldots + n_p.$$

(¹) Séance du 27 janvier 1919.

(²) *Œuvres de Charles Hermite*, t. 4, p. 37.

On aura l'égalité suivante :

$$(2)\qquad N_1S_1 + N_2S_2 + \ldots + N_pS_p - E = \left(\frac{1}{x^{\nu+p}}\right) \quad [1].$$

Soit

$$S_i = \int_{\alpha_i}^{\beta_i} \varphi_i(z)\frac{dz}{x-z} \qquad (i = 1, 2, \ldots, p).$$

La fonction linéaire (1) pourra alors s'écrire

$$\sum_{i=1}^{i=p}\int_{\alpha_i}^{\beta_i}\varphi_i(z)\frac{N_i(z)}{x-z}dz + \sum_{i=1}^{i=p}\int_{\alpha_i}^{\beta_i}\varphi_i(z)\frac{N_i(x)-N_i(z)}{x-z}dz.$$

La deuxième somme de cette expression représente la partie entière E. En développant dans les intégrales de la première somme $\frac{1}{x-z}$ suivant les puissances décroissantes de x, l'égalité (2) exige que l'on ait

$$\sum_{i=1}^{i=p}\int_{\alpha_i}^{\beta_i}\varphi_i(z)\left(\frac{1}{x}+\frac{z}{x^2}+\frac{z^2}{x^3}+\ldots+\frac{z^{\nu+p-2}}{x^{\nu+p-1}}\right)N_i(z)\,dz = 0,$$

quel que soit x, condition équivalente à

$$(3)\qquad \sum_{i=1}^{i=p}\int_{\alpha_i}^{\beta_i}\varphi_i(z)\,A(z)\,N_i(z)\,dz = 0,$$

$A(z)$ étant un polynome quelconque de degré $\nu + p - 2$.

Dans le cas particulier

$$\alpha_1 < \beta_1 \leqq \alpha_2 < \beta_2 \leqq \alpha_3 < \ldots \leqq \alpha_p < \beta_p,$$

et les fonctions $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, ..., $\varphi_p(x)$ conservant des *signes constants* pour x compris respectivement dans les intervalles

$$(4)\qquad (\alpha_1, \beta_1), \quad (\alpha_2, \beta_2), \quad \ldots, \quad (\alpha_p, \beta_p),$$

---

(1) Nous désignons par $\left(\frac{1}{x^m}\right)$ une série ordonnée suivant les puissances décroissantes de x et commençant par un terme en $\frac{1}{x^m}$.

il existe un groupe de polynomes $N_1, N_2, \ldots, N_p$ *satisfaisant à la condition* (3); *ces polynomes ont toutes leurs racines réelles distinctes et respectivement comprises dans les intervalles* (4). *Il ne peut y avoir d'autre groupe satisfaisant à la condition* (3).

En effet, la condition (3) permet de trouver, à une même constante près, les coefficients des polynomes $N_1, N_2, \ldots, N_p$. Supposons que les polynomes $N_1, N_2, \ldots, N_p$ ainsi trouvés n'ont respectivement que $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p$ racines distinctes comprises dans les intervalles (4). Désignons par $\alpha_1^i, \alpha_2^i, \ldots, \alpha_{\nu_i}^i$ les ν_i racines de N_i comprises dans l'intervalle (α_i, β_i) et considérons le polynome

$$Q(x) = \prod_{i=1}^{i=p} (x-\alpha_1^i)(x-\alpha_2^i)\ldots(x-\alpha_{\nu_i}^i).$$

Ce polynome, pour que notre proposition soit en défaut, doit être d'un degré moindre que n_i. On pourra alors [par exemple à l'aide des facteurs $(x-\beta_1), (x-\beta_2), \ldots, (x-\beta_{p-1})$ en totalité ou partie] déterminer un polynome $q(x)$, de degré $p-1$ au plus, tel que, en prenant

$$A(x) = q(x)\,Q(x),$$

les p expressions

$$\varphi_1(x)\,q(x)\,Q(x)\,N_1(x), \quad \ldots, \quad \varphi_p(x)\,q(x)\,Q(x)\,N_p(x)$$

gardent toutes *le même* signe pour x compris respectivement dans les intervalles (4). La condition (3) ne pouvant donc pas être satisfaite, il faut avoir $\nu_1 = n_1, \nu_2 = n_2, \ldots, \nu_p = n_p$. Si les polynomes $N'_1, N'_2, \ldots, N'_p$ satisfont aussi à la condition (3), alors les polynomes $N_1 + \lambda N'_1, N_2 + \lambda N'_2, \ldots, N_p + \lambda N'_p$ satisferont aussi. En choisissant la constante λ de manière à réduire $N_i + \lambda N'_i$ au degré $n_i - 1$, on prouvera, comme plus haut, que la condition (3) ne pourra plus être satisfaite.

2. On peut donner une autre extension des fractions continues algébriques et se proposer de déterminer le polynome $P(x)$ de degré $\nu = n_1 + n_2 + \ldots + n_p$, tel que

$$PS_i - E_i = \left(\frac{1}{x^{n_i+1}}\right) \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

en désignant par $S_1, S_2, \ldots, S_p$ des séries de la forme $\left(\frac{1}{x}\right)$ et par $E_1, E_2, \ldots, E_p$ les groupes des termes entiers en x.

En nous plaçant dans le cas particulier considéré plus haut, le polynome P jouit des propriétés suivantes :

α. Il est le seul polynome de degré ν satisfaisant aux conditions

$$\int_{\alpha_i}^{\beta_i} \varphi_i(x) x^k \mathrm{P}\, dx = 0 \qquad (k = 0, 1, \ldots, n_i - 1;\ i = 1, 2, \ldots, p).$$

β. Les racines du polynome P sont toutes réelles, distinctes, respectivement $n_1, n_2, \ldots, n_p$ dans les intervalles (4).

γ. Le polynome P peut être déterminé lorsque l'on connaît les polynomes $\mathrm{X}_m^i(x)$ de degré m, tels que

$$\int_{\alpha_i}^{\beta_i} \varphi_i(x) x^k \mathrm{X}_m^i\, dx = 0 \qquad (k = 0, 1, \ldots, m - 1;\ i = 1, 2, \ldots, p).$$

δ. Les racines du polynome P interviennent dans la recherche de l'approximation simultanée des intégrales $\mathrm{I}_1, \mathrm{I}_2, \ldots, \mathrm{I}_p$,

$$\mathrm{I}_i = \int_{\alpha_i}^{\beta_i} \varphi_i(x) f(x)\, dx \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

la fonction $f(x)$ admettant un développement taylorien convergent dans les intervalles (4), par des intégrales $\mathrm{J}_1, \mathrm{J}_2, \ldots, \mathrm{J}_p$,

$$\mathrm{J}_i = \int_{\alpha_i}^{\beta_i} \varphi_i(x) \Phi(x)\, dx \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

$\Phi(x)$ étant un polynome de degré $\nu - 1$, respectivement avec *le degré de précision* $\nu + n_1 - 1, \nu + n_2 - 1, \ldots, \nu + n_p - 1$.

Nous avons démontré [1] ces propositions dans le cas particulier

$$n_1 = n_2 = \ldots = n_p.$$

Les démonstrations données s'étendent facilement au cas plus général que nous venons de considérer.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 121, et t. 167, 1918, p. 629.

HYDRAULIQUE. — *Sur le mouvement graduellement varié et la propagation des crues.* Note de M. **Edmond Maillet**, présentée par M. L. Lecornu.

Les équations du mouvement varié non permanent d'un cours d'eau dans un lit approximativement cylindrique ou prismatique peuvent, grâce à une transformation d'équations données par M. Boussinesq, se mettre sous la forme [1]

$$(1)\qquad I_1 = i - \lambda\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{bU^2}{R} + T_3 + T'_4 + T_5, \qquad \lambda = 1 - \frac{\alpha_1}{g}\frac{\omega'}{\omega}U^2,$$

$$(2)\qquad \frac{\partial\omega}{\partial t} + \frac{\partial(\omega U)}{\partial x} = 0, \qquad q = \omega U,$$

où

$$T_3 = \frac{1+2\eta}{g}\frac{\partial U}{\partial t}, \qquad T'_4 = -\frac{U}{g}\frac{\omega'}{\omega}(2\alpha - 1)\frac{\partial h}{\partial t}, \qquad T_5 = \frac{U}{g}\left[U\frac{\partial(\alpha-\eta)}{\partial x} + \frac{\partial\eta}{\partial t}\right].$$

On peut étudier le cas où T_3, T'_4, T_5 sont négligeables par rapport à i, en faisant au besoin abstraction de courts intervalles de temps. D'après nos vérifications numériques basées sur le calcul et l'expérience (en général, et Ardèche, Garonne, Marne, Seine), la valeur absolue de ces termes T est faible par rapport à i, $\frac{1}{100}$ au plus pour les deux premiers (qui, habituellement, sont plutôt de signes contraires), $\frac{1}{1000}$ pour le troisième. Dans les limites de ces vérifications, on a $0{,}00178 \geqq i \geqq 0{,}0001$, les cas extrêmes de pente s'appliquant à l'Ardèche (déjà étudié par M. Delemer avec moins de précision théorique) et à la Seine, $h \geqq 1^{m},00$; l largeur $\geqq 10^{m},00$; $0 < \lambda < 1$, λ étant voisin de 1 dans les cas extrêmes de pente; $|h'_x| \leqq \frac{i}{6}$ environ. L'équation (1) devient

$$(3)\qquad bU^2 = RI_1 = R\left(i - \lambda\frac{\partial h}{\partial x}\right).$$

Les formules (2) et (3) permettent d'obtenir pour h et q les équations

---

[1] q débit, ω section, h hauteur, U vitesse moyenne, R rayon moyen, i pente de fond, b, α, α_1, η coefficients supposés fonctions de h seuls. Voir Boussinesq, *Régimes graduellement variés*, Paris, Gauthier-Villars, 1897, p. 16; Flamant, *Hydraulique*, 1909, p. 386.

aux dérivées partielles

$$\frac{\partial h}{\partial t} + A_1 \frac{\partial h}{\partial x} - B_1 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0, \qquad B_1 > 0; \tag{4}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + A_2 \frac{\partial q}{\partial x} - B_2 \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} = 0, \qquad B_2 > 0, \tag{5}$$

où les termes en B_1, B_2 peuvent n'être pas négligeables; ces équations donnent lieu à une discussion géométrique similaire.

Si $h = f(x, t)$, $q = \varphi(x, t)$, j'appelle la courbe $t =$ const. en coordonnées cartésiennes h, x ou q, x *onde niveau* ou *onde débit* respectivement, et courbe des variations *locales* de h ou q la courbe $x =$ const.

Excluant les solutions $h =$ const., $q =$ const., on voit aussitôt, en faisant $h'_x = 0$ ou $q'_x = 0$, que les maxima de l'onde niveau et de l'onde débit s'affaissent, les minima se relèvent. Ces ondes tendent à se régulariser.

L'étude de la propagation des maxima et minima locaux, au moins quand on ne suppose pas qu'ils coïncident avec les maxima et les minima des ondes, est plus compliquée, surtout pour les crues ayant n maxima locaux successifs à la station x $(n > 1)$, que j'appelle ici crues *multiples* d'ordre n en x. Je n'envisage, d'après l'expérience, que les crues dont les maxima et minima locaux se propagent d'amont en aval, et telles qu'un maximum ou minimum local en x_1 est précédé d'un maximum ou minimum correspondant en $x_2 < x_1$.

Considérant par exemple les hauteurs h, entre un maximum et un minimum consécutifs de l'onde niveau, il y a k maxima locaux $(k - 1)$, et $k - 1$ minima locaux (k) si $h'_x < 0$ (si $h'_x > 0$). On obtient ces résultats :

1° *Pour une crue simple en x_1.* — A l'aval d'un point x_1 où une crue est simple, l'onde niveau est simple; la hauteur du maximum local, qui précède le maximum de l'onde niveau, va en diminuant vers l'aval.

2° *Pour une crue multiple en x_1.* — Si un maximum local se relève en se propageant, il est précédé à un instant antérieur en x_1 d'un maximum local plus élevé qui s'affaisse.

Les résultats sont analogues, en général du moins, pour les minima. On arrive à des conclusions toutes semblables pour les débits ; un maximum ou un minimum de l'onde débit coïncide d'ailleurs respectivement avec un maximum ou un minimum local des hauteurs.

On peut préciser davantage, grâce à la formule (3), la physionomie de

l'onde niveau et de l'onde débit : $\frac{|h'_x|}{i}$ étant supposé assez petit, une partie d'une de ces ondes où h et q varieraient en sens contraire en fonction de x, si elle n'est pas d'existence éphémère, est courte ou aplatie.

N'envisageant que le phénomène général de la crue en n'ayant pas égard sur ces ondes aux saillies ou aux creux peu accentués, on est amené à ne considérer que les maxima ou minima bien nets, soit de ces ondes, soit locaux. Ces maxima s'abaissent, ces minima se relèvent; pour eux, en général, le maximum local du débit précède de peu le maximum local de hauteur, qui est un peu antérieur au maximum de l'onde niveau. Les résultats sont analogues pour les minima. La formule (3) donne alors la loi de Baumgarten comme loi approchée ([1]).

Certaines des méthodes que j'utilise, notamment pour établir l'affaissement des maxima de l'onde niveau (où le signe de B_1 joue seul un rôle) s'étendent à des équations aux dérivées partielles plus générales, à plusieurs variables $t, x, y, \ldots$ (chaleur, nappes souterraines) comme je le montrerai ultérieurement.

Tous ces résultats seront exposés en détail dans un Mémoire développé.

THERMODYNAMIQUE. — *Sadi Carnot et le principe de l'Équivalence. Son calcul de l'équivalent mécanique de la chaleur reconstitué à l'aide de données exclusivement empruntées aux « Réflexions sur la puissance motrice du feu »*. Note ([2]) de M. L. **Décombe**, présentée par M. Kœnigs.

A la suite de Clausius on a souvent reproché à Carnot d'avoir adopté, dans ses *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, le point de vue alors classique mais inexact de la matérialité du calorique. Mais on oublie de faire remarquer que ce n'est que sous les réserves les plus formelles comme en témoignent les passages suivants ([3]) :

([1]) Ce m'est une occasion de rappeler les travaux de M. Boussinesq et de Kleitz sur la propagation des crues.

([2]) Séance du 13 janvier 1919.

([3]) *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, par Sadi-Carnot, Paris, 1824, chez Bachelier. Réimprimé par Gauthier-Villars en 1872 dans les *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, puis, en 1878, dans une édition séparée contenant divers autres documents

Au reste, pour le dire en passant, les principaux fondements sur lesquels repose la théorie de la chaleur auraient besoin de l'examen le plus attentif. Plusieurs faits d'expérience paraissent à peu près inexplicables dans l'état actuel de cette théorie (p. 20, Note 1). Et plus loin : ... *La loi fondamentale que nous avions en vue de confirmer... est assise sur la théorie de la chaleur telle qu'on la conçoit aujourd'hui, et, il faut l'avouer, cette base ne nous paraît pas d'une solidité inébranlable. Des expériences nouvelles pourraient seules décider la question ; en attendant, nous nous occuperons d'appliquer les idées théoriques ci-dessus exposées, en les regardant comme exactes, à l'examen des divers moyens proposés jusqu'à présent pour réaliser la puissance motrice de la chaleur* (p. 50).

D'autre part on trouve dans les Notes manuscrites de Sadi Carnot une série d'objections contre la matérialité du calorique qui le conduisent à l'énoncé formel du Principe de l'équivalence :

Partout où il y a destruction de puissance motrice il y a, en même temps, production de chaleur en quantité précisément proportionnelle à la quantité de puissance motrice détruite. Réciproquement, partout où il y a destruction de chaleur, il y a production de puissance motrice (p. 94).... *D'après quelques idées que je me suis formées sur la théorie de la chaleur, la production d'une unité de puissance motrice nécessite la destruction de* 2,70 *unités de chaleur* (p. 95). L'unité de puissance motrice dont il s'agit étant la tonne-mètre (p. 95), l'équivalent mécanique *calculé par Carnot* ressort donc à $\frac{1000}{2,70}$, c'est-à-dire à 370^{kgm}, nombre sensiblement voisin de celui (365) qui a illustré, au moins dix ans plus tard, le nom de Mayer [1].

2. Comment Carnot a-t-il obtenu ce nombre de 2,70? Je me propose de

---

et notamment une Notice biographique sur Sadi Carnot et un important extrait de ses Notes manuscrites inédites. C'est à la pagination de cette dernière édition que se rapportent les références de la présente Communication. Les Notes manuscrites se rapportant à des sujets scientifiques ont été offertes à l'Académie des Sciences par le sénateur H. Carnot, frère de Sadi, pour être déposées aux Archives de l'Institut (*Comptes rendus*, t. 87, 1878, p. 967).

Sadi Carnot et Hippolyte Carnot étaient les fils de Lazare Carnot, le célèbre organisateur de la Victoire dans les guerres de la Révolution.

[1] Robert Mayer, *Ann. der Chemie und Pharmacie*, t. 42, 1842, p. 233 (Sadi Carnot a été emporté par le choléra en 1832).

montrer que l'on peut reconstituer son calcul à l'aide des seules données contenues dans son Mémoire de 1824. Laissons parler Carnot :

La différence entre la chaleur spécifique sous pression constante et la chaleur spécifique sous volume constant est la même pour tous les gaz (p. 25)... ; *elle est toujours la même, quelle que soit la densité du gaz, pourvu que la quantité pondérable reste la même* (p. 32). Il s'agit, bien entendu, de la chaleur spécifique des gaz parfaits (p. 22) rapportée au volume (p. 25). Mais Carnot va plus loin et se demande (p. 31) :

A quelle cause est due en effet la différence entre les chaleurs spécifiques prises sous volume constant et sous pression constante? Au calorique nécessaire pour produire dans le second cas l'augmentation de volume, répond-il aussitôt.

La matérialité du calorique étant abandonnée, que faut-il pour tirer de là l'équivalent mécanique? Calculer le travail correspondant à cette augmentation de volume et le comparer à la différence $C - c$ des deux chaleurs spécifiques. Or, *l'échauffement direct sous pression constante doit, d'après la règle de M. Gay-Lussac, augmenter le volume de l'air de* $\frac{1}{267}$ *de ce qu'il serait à* 0° (p. 23). *La pression atmosphérique fait équilibre à* $10^{\text{m}},40$ *de hauteur d'eau* (p. 43); *le volume occupé par un kilogramme d'air à* 0° *est égal à* $0^{\text{m}^3},77$ (p. 44).

Le travail considéré a donc pour valeur :

$$0,77 \frac{1}{267} 10,40 = 0,02999, \text{ soit } 0,030 \text{ tonne-mètre.}$$

En ce qui concerne les chaleurs spécifiques : *D'après les expériences de MM. Delaroche et Bérard sur la chaleur spécifique des gaz, celle de l'air est, à poids égaux*, 0,267 *de celle de l'eau* (p. 45). *Si la première de ces deux capacités est exprimée par l'unité, l'autre sera exprimée par le chiffre* $\frac{267}{267 + 116}$ (p. 24). On tire de là

$$C - c = 0,267 \frac{116}{267 + 116} = 0,08086,$$

soit 0,081 calorie, étant donnée l'incertitude évidente sur les deux dernières décimales. Or le rapport $\frac{0,081}{0,030}$ est précisément égal au nombre 2,70 annoncé par Carnot dans ses Notes manuscrites.

3. Pourquoi Carnot n'a-t-il pas jugé bon de publier ce résultat? Proba-

blement parce que l'opposition radicale du nouveau point de vue avec la théorie de la chaleur « telle qu'on la concevait alors », lui faisait estimer que *des expériences nouvelles pourraient seules décider la question* (p. 50). Rien ne sert, en effet, de déterminer, dans un cas particulier, la valeur numérique d'un équivalent problématique, si des expériences nombreuses précises et concordantes n'ont, au préalable, démontré l'existence effective de cet équivalent. Or ces expériences, Carnot, dans ses Notes manuscrites, en a prévu le programme avec une précision étonnante (p. 95) :

Répéter l'expérience de Rumford sur le forage d'un métal dans l'eau, mais mesurer la puissance motrice consommée en même temps que la chaleur produite; mêmes expériences sur plusieurs métaux et sur le bois. — Frapper un morceau de plomb en plusieurs sens, mesurer la puissance motrice consommée et la chaleur produite. Mêmes expériences sur d'autres métaux. — Agiter fortement de l'eau dans un barillet ou dans un corps de pompe à double effet et dont le piston serait percé d'une petite ouverture. — Expériences du même genre sur l'agitation du mercure, de l'alcool, de l'air et d'autres gaz. Mesurer la puissance motrice consommée et la chaleur produite.

N'est-ce pas là le programme même des expériences effectuées quinze ou vingt ans plus tard par Joule, Colding et Hirn?

ÉLECTRICITÉ. — *Oscillations électriques non amorties de courte longueur d'onde.* Note [1] de MM. Gutton et Touly, transmise par M. A. Blondel.

Au cours des études faites dans les laboratoires de la Radiotélégraphie militaire, en vue de l'application des lampes valves à trois électrodes à la génération des ondes longues utilisées en T. S. F., nous avons réalisé un appareil permettant d'entretenir des oscillations aussi fréquentes que les oscillations de Hertz.

Pour obtenir des oscillations de longueurs d'onde aussi courtes, nous avons constitué le circuit oscillant avec la capacité très faible du condensateur formé par la grille et la plaque de la lampe et la self-induction des seuls fils de connexion nécessaires.

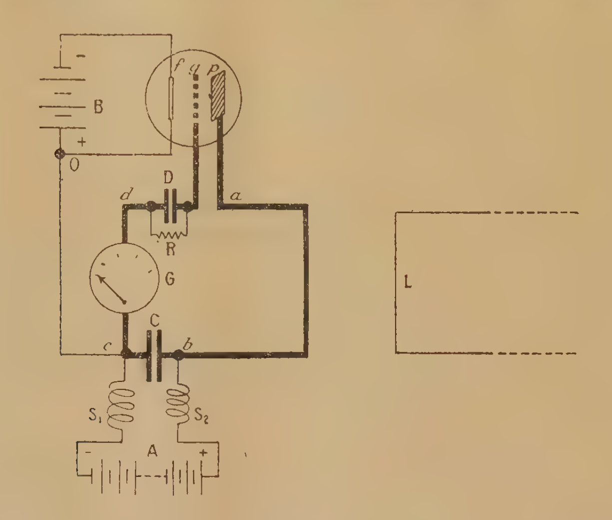
La plaque p et la grille g de la lampe sont réunies par un fil *abcd*, sur lequel est intercalé un condensateur de capacité relativement grande

---

[1] Séance du 6 janvier 1919.

($\frac{1}{1000}$ à $\frac{2}{1000}$ de microfarad) chargé par une batterie d'accumulateurs A. L'armature positive est reliée à la plaque, l'armature négative est réunie, d'une part à la grille, d'autre part au filament. On chauffe ce filament en y faisant passer un courant fourni par la batterie d'accumulateurs B.

Lors de l'allumage de la lampe, l'établissement du courant de plaque fait naître, le long du fil *ab*, une force électromotrice de self-induction qui



commence à faire osciller le circuit *pabcdg*. Les variations périodiques du potentiel de la grille provoquent alors des variations d'intensité du courant de plaque et une force électromotrice alternative le long du fil *ab*. Cette force électromotrice augmente l'amplitude des oscillations primitives, puis les entretient à intensité constante.

La condition d'entretien et la condition à réaliser afin d'obtenir la plus grande amplitude possible sont les mêmes que dans le cas des oscillations de grandes longueurs d'onde. On doit se tenir près de la limite d'entretien. Pour construire un oscillateur, on se donne la longueur du fil *cd* et l'on détermine par des essais la longueur du fil *ab* la plus favorable. La longueur d'onde obtenue est d'autant plus courte qu'on a choisi un fil *cd* plus court et de plus grand diamètre.

Sur le fil *cd*, on intercale un petit ampèremètre thermique qui indique l'intensité efficace du courant de haute fréquence obtenu. Pour les ondes courtes, le fil de cet ampèremètre constitue la majeure partie de la self *cd*.

Il est bon d'ajouter, sur le circuit oscillant du côté de la grille, un condensateur D d'une capacité égale à quelques dix-millièmes de microfarad et

une résistance R de 10000 ohms en dérivation entre les armatures. Cette disposition, en abaissant le potentiel moyen de la grille, diminue beaucoup les intensités moyennes des courants, sans réduire l'amplitude des oscillations. L'échauffement de la grille et de la plaque de la lampe se trouve donc diminué.

Deux bobines S_1 et S_2 empêchent les oscillations de se propager entre le circuit oscillant et la batterie d'accumulateurs A. Leur présence permet de rendre le réglage indépendant de la position des fils qui viennent de cette batterie. Enfin le fil de retour *co* au filament doit être maintenu dans la position pour laquelle l'appareil a été réglé; on lui donne la forme pour laquelle l'induction par le circuit oscillant est réduite au minimum.

La force électromotrice de la batterie A étant 320 volts et en employant une lampe de petit modèle de la Radiotélégraphie militaire, on abaisse facilement la longueur d'onde jusqu'à 3^m. L'intensité efficace du courant oscillant dépasse l'ampère.

En remplaçant l'ampèremètre thermique par une ampoule de lampe de poche, on arrive à abaisser encore la longueur d'onde.

Enfin, nous avons obtenu des ondes de moins de 2^m, en utilisant une lampe de plus petite capacité et en intercalant sur le circuit oscillant, entre le condensateur C et l'ampèremètre G, un condensateur de capacité aussi faible que celui de la lampe valve. On assure alors le retour au filament des courants moyens de plaque et de grille par deux fils distincts, dont on règle convenablement la self-induction.

Un résonateur de Hertz, au ventre de courant duquel on dispose une petite lampe, permet d'explorer le champ de l'oscillateur. On peut aussi employer un résonateur, au ventre de tension duquel on place un tube à néon.

Les résonances obtenues présentent un degré d'acuité remarquable et permettent par suite un accord très précis.

Le long d'une ligne L de deux fils parallèles, les oscillations entretenues donnent naissance, pour les longueurs convenables de la ligne et pour celles-là seulement, à un système d'ondes stationnaires sans amortissement. On répète facilement et avec une très grande précision les expériences de Hertz sur la propagation le long des fils [1].

---

[1] Notre dispositif permet le couplage par induction, que n'avait pu réaliser le montage de W.-C. White (*General Electric Review*, t. 19, 1916, p. 774) et de produire des ondes de longueurs beaucoup plus courtes.

Pour des recherches sur les oscillations électriques, l'emploi d'ondes entretenues présente de nombreux avantages. Le courant a une amplitude constante mesurable. Si l'oscillateur est réglé près de sa limite d'entretien, les vibrations harmoniques sont extrêmement faibles. Les inconvénients nombreux, qui résultent, lors de l'emploi des étincelles, des longs arrêts qui séparent deux étincelles consécutives, disparaissent. Les mesures acquièrent une grande précision et l'on peut signaler parmi les applications immédiates des oscillateurs que nous venons de décrire, leur emploi à la mesure précise, dans des conditions simples et bien définies, des constantes diélectriques.

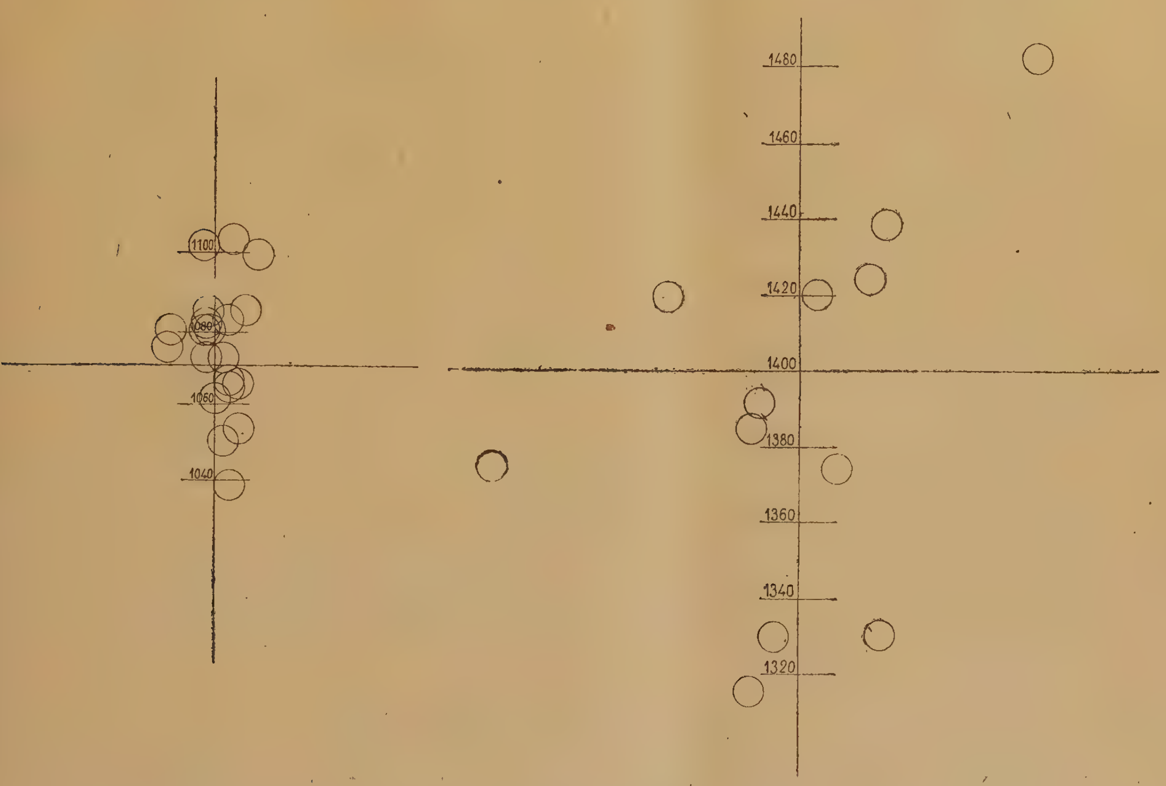
PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une application nouvelle de la viscosité.* Note de M. Georges Claude, présentée par M. Maurice Leblanc.

Les idées qui ont présidé en 1916 à la conception de l'instrument que je vais décrire étant, comme on me l'a objecté, devenues sans objet dès 1918 par suite des modifications profondes des méthodes de combat, il n'y a aucun inconvénient à signaler à l'Académie les ressources remarquables que j'ai trouvées dans la viscosité pour la réalisation d'un engin très léger, d'installation très rapide, permettant le lancement précis et répété, sans recul et sans dépointage, de projectiles pesant 90^{kg}, de la hauteur d'un homme.

Si l'emploi de la viscosité pour ralentir ou uniformiser des mouvements est continuel en physique et en artillerie, c'est autre chose qu'on a voulu lui demander ici. On l'utilise dans des conditions telles que, permettant sous des efforts prolongés le déplacement *lent* de corps immergés dans le milieu visqueux, elle s'oppose au contraire avec assez d'énergie à des efforts énormes, mais presque instantanés, exercés sur ces corps pour les bloquer presque rigoureusement.

L'illustration des conditions qui sont mises à profit ici est fournie par un fait bien connu et qui se réfère à des propriétés dont, après Maxwell, Poincaré a fait usage pour expliquer l'inaptitude des corps « conducteurs » à transmettre, au contraire des corps « isolants », les vibrations électriques de haute fréquence : qu'on pose l'index à la surface d'une masse de poix, l'index enfonce lentement et sans effort; qu'on assène sur la masse un coup de marteau, le plus brutal possible, c'est tout au plus s'il peut la mordre de son empreinte.

Dès lors, soit un trou dans le sol, au fond de la tranchée; dans ce trou, quelques seaux d'un mélange de brai et de goudron de la consistance voulue; dans ce brai, immergé de 60^{cm} et reposant sur une plaque de fer



A gauche, tir de 20 projectiles de 90^{kg} du canon à brai, *fait sans aucun repointage* (Bourges, 17 février 1917). Poids de l'engin, 400^{kg}. Durée d'installation, 5 heures.
A droite, tir de 12 projectiles de 90^{kg} fait pour l'établissement des tables de tir avec l'engin correspondant du front, en repointant à chaque coup (Bourges, 13 mars 1917). Poids de l'engin, 3000^{kg}. Durée d'installation, 72 heures.
Les cercles indiquent le diamètre des entonnoirs.
Les chiffres indiquent la portée.

placée sur le sol dur du fond de la tranchée, un tube d'acier gros comme le bras, muni de cônes soudés pour augmenter la solidarité avec le brai.

Ce tube, c'est le canon lui-même, sur quoi s'enfilent les projectiles (comme dans le canon Leblanc-Van Doren).

Grâce à l'obéissance du brai aux efforts prolongés, ce tube-canon peut

subir aisément tous les déplacements lents voulus par le pointage. Arrêté en bonne place par un support approprié, il n'en bougera plus de tout le tir, grâce à l'énorme rigidité du brai aux coups de canon, chocs brusques s'il en fût.

Ainsi, permettant les mouvements lents nécessités par le pointage et le réglage du tir, le brai devient, lors du coup, l'intermédiaire rigide et sans jeu qui donne au canon, si l'on peut ainsi dire, la Terre pour affût. Le brai ne joue donc pas le rôle de masse reculante et son poids importe peu : il suffit que cette masse, solidaire du canon lors du coup, transmette l'effort au sol dur du fond de la tranchée sous forme d'une pression inférieure à celle qui provoquerait sa déformation.

Ces considérations expliquent le faible poids de l'engin : 400^{kg} contre 3000^{kg} pour l'engin correspondant du front, qui pouvait, il est vrai, lancer à 2100^{m} au lieu de 1200^{m} des projectiles équivalents.

Elles expliquent aussi sa rapidité extrême d'installation : 5 heures en tout au lieu de 72.

Et quant à la rigidité du système sous le coup de départ, elle est telle (le tube-canon reposant dans un berceau formé par deux tampons à vis permettant le pointage et le réglage de tir) que l'*indépointabilité* est complète : les essais de 1916 à la Commission de Bourges montrent en effet que 20 projectiles de 90^{kg} peuvent être tirés successivement à 1100^{m} *sans aucun repointage* et dans des conditions de précision comparables à celle de l'artillerie lourde et dont la comparaison des deux relevés de tir ci-joints permettra de juger.

Pour la rapidité de tir, elle est atteinte par des moyens sur lesquels on ne s'arrêtera pas ici, non plus que sur les autres particularités de l'engin et sur les conditions de son emploi.

Des considérations sur lesquelles ce n'est pas non plus le lieu d'insister ici ont empêché l'emploi de cet engin au front. Peut-être en restera-t-il au moins un exemple suggestif et nouveau des services qu'on peut demander à la viscosité.

MINÉRALOGIE. — *Les cristaux liquides de l'acide agaricique.* Note [1] de M. **Paul Gaubert**.

Les substances extraites du règne organique donnant des cristaux liquides sont très rares, aussi est-il intéressant de signaler ceux de l'acide agaricique, d'autant plus qu'ils appartiennent à deux modifications différentes.

Les cristaux de l'acide agaricique commercial [2], probablement orthorhombiques, sont très aplatis suivant une face perpendiculaire à la bissectrice obtuse n_g. Le plan des axes est transversal à l'allongement des lamelles.

Dissous rapidement dans l'eau bouillante et refroidi aussitôt, l'acide agaricique donne des cristaux aciculaires, dont l'allongement optique est positif, et des sphérolites à enroulement hélicoïdal, dont les anneaux sont trop serrés pour permettre de déterminer le sens de l'enroulement, et avec des fibres radiales à allongement optique négatif. L'existence de ces édifices hélicoïdaux montre que le corps possède une symétrie cristalline pouvant produire le pouvoir rotatoire. Ce dernier n'a pas été constaté avec l'acide agaricique pur, mais avec des sels de soude et de potasse qui sont lévogyres (Thoms et Vogelsang).

Examinés sur la platine chauffante du microscope, les cristaux deviennent d'abord opaques par suite du départ de l'eau de cristallisation (un peu au-dessus de 100°), ensuite transparents et monoréfringents. Ils fondent bientôt en donnant un liquide isotrope. Le point de fusion est d'autant plus élevé que l'élévation de température est plus rapide; il ne dépasse pas 139°.

Si l'acide n'a pas été chauffé au-dessus du point de fusion, il se produit les phénomènes suivants, la préparation étant refroidie lentement :

1° Les gouttelettes monoréfringentes, d'abord très claires, se troublent par suite de la formation de globules plus réfringents que le liquide. Ces derniers sont monoréfringents et quelques-uns d'entre eux montrent parfois des contours un peu anguleux; au début de leur production, ces corpuscules forment des espèces d'alignements rappelant les axes d'un cristal.

---

(1) Séance du 27 janvier 1919.

(2) L'acide agaricique isolé d'abord par G. Fleury (*Bul. Soc. ch.*, t. 13, 1870, p. 193) répond d'après H. Thoms et J. Vogelsang (*Liebigs Ann.*, t. 357, 1907, p. 145) à la formule $C^{22}H^{40}O^7 + 1,5H^2O$ ou $C^{19}H^{36}(OH)(COOH)^3 + 1,5H^2O$ et est un homologue de l'acide citrique. Depuis quelques années, il est employé en thérapeutique.

On est amené à admettre qu'il s'agit de cristaux du système cubique, dont l'ensemble forme une masse très molle ayant la consistance de la vaseline. Cette formation rappelle par conséquent, par ses propriétés cristallines, celle que présente l'iodure d'argent entre 400° et 450° et qui a été étudiée, à diverses reprises, par O. Lehmann. Lorsque la préparation se refroidit davantage, la masse durcit de plus en plus, devient tout à fait solide et les cristaux conservent leurs caractères. Elle peut aussi se transformer, soit en donnant une masse monoréfringente solide, correspondant probablement à celle qui a été observée avant la fusion, soit en donnant des sphérolites biréfringents solides.

2° Les gouttelettes monoréfringentes se troublent comme dans le cas précédent, mais en donnant naissance à des cristaux très allongés, losangiques, identiques comme forme à ceux des composés de la cholestérine avec l'acide glycolique, l'urée, etc., que j'ai étudiés autrefois [1], mais bien moins biréfringents. Ces cristaux sont assez fluides; s'ils se touchent, ils se fusionnent, coulent sous la moindre pression et contournent les bulles de gaz en formant autour d'elles un sphérolite, dans lequel le grand indice de réfraction n_g coïncide avec les directions radiales. Entre deux lames de verre, les cristaux disparaissent et sont remplacés par des plages dont les molécules cristallines sont orientées de manière que leur axe optique soit perpendiculaire aux lames. Les cristaux sont optiquement positifs et comme dans ceux des composés de la cholestérine, ayant le même signe optique, le pouvoir rotatoire et les teintes épipoliques n'existent pas. L'acide agaricique étant actif, il est probable qu'il existe des composés donnant des cristaux liquides optiquement négatifs et doués du pouvoir rotatoire; mais malgré de nombreux essais, je n'ai pas réussi à les préparer.

Avec les cristaux losangiques, il se produit aussi des sphérolites liquides dans lesquels le plus grand indice n_g coïncide avec les directions radiales.

Par refroidissement, la masse se solidifie peu à peu, les cristaux liquides deviennent de plus en plus visqueux, tout en conservant leurs caractères, mais le plus souvent une nouvelle modification apparaît et il se produit des sphérolites solides, plus biréfringents que les cristaux liquides et dont l'allongement optique des fibres est négatif. Les cristaux de cette forme fondent vers 100°, ont un indice de réfraction moyen de 1,501, alors que les cristaux hydratés ont un indice voisin de 1,515.

---

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 722, et t. 149, 1909, p. 608.

La même goutte, solidifiée et refondue à diverses reprises, peut donner les deux sortes de cristaux liquides, mais on n'observe pas le passage d'une forme à l'autre. Il est aussi à remarquer que les formes cristallines liquides se produisent surtout par le refroidissement du liquide amorphe. Si la température dépasse le point de fusion de quelques degrés, la phase liquide biréfringente se produit seule et, si le chauffage est prolongé à une température supérieure à 160°, la substance jaunit et le nouvel anhydride ainsi formé, correspondant d'après Thoms et Vogelsang à la formule $C^{21}H^{36}O^{3}$, ne donne plus de cristaux liquides.

La production des modifications polymorphiques dépend beaucoup de la température à laquelle le corps a été porté; ici, il se produit un commencement de décomposition venant troubler le phénomène, aussi il est difficile d'établir très exactement les conditions de formation des modifications liquides et solides qui se produisent. Ce qui est remarquable, c'est que l'anhydride agaricique peut donner deux modifications liquides cristallines, l'une appartenant au système cubique, fait qui n'a été constaté qu'avec l'iodure d'argent, et l'autre optiquement uniaxe et positive.

Les cristaux de l'une et l'autre forme se colorent par le bleu de méthylène; ceux qui sont anisotropes deviennent polychroïques et le maximum d'absorption a lieu suivant le plus grand indice. Les cristaux étant peu biréfringents, le polychroïsme est faible.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des Pyrénées.* Note de M. **P.-W. Stuart-Menteath**, présentée par M. H. Douvillé.

Ayant pu rectifier, dans les *Comptes rendus* de 1896, des assimilations nouvelles de terrains faites au nord d'Argelès, sans tenir compte des failles et des fossiles, je puis ajouter, aux rectifications récentes par M. Douvillé, des comparaisons utiles.

Il a pu constater que le Pic de Gez n'est pas un chapeau chevauchant de Jurassique, ni un synclinal idéal de Carbonifère, mais un massif de Dévonien peu incliné, coupé par trois failles très visibles et presque verticales. Sur ces failles et leurs répétitions, j'ai vu exploiter une mine de cuivre à Arras et d'autres de cuivre et zinc à l'Ouest et au Sud, ainsi que la grande mine de Ferrières, dont la faille est figurée sur la Carte à l'ouest et à l'est de Salles. Ces failles ont obscurci, par leurs brèches de friction, le conglomérat côtier de la base du Crétacé supérieur, qui est bien conservé

à l'ouest d'Arras et du Pic Bazès. M. Douvillé a prouvé que le Cénomanien est pincé entre le Paléozoïque et le Jurassique, riche en Bélemnites, à la place de la bande supposée de « l'Urgo-Aptien », à Sarrencolin, et figurée jusqu'à l'Océan, comme distincte et déposée « dans un géosynclinal qui a cessé d'exister à la fin de l'Albien ». Dans les échantillons extraits au ciseau à Sarrencolin, et sur les autres points où le marbre spécial de ce Cénomanien est exploité, M. Douvillé a pu déterminer des Rudistes caractéristiques. Des Nérinées, Actéonelles, Brachiopodes et Polypiers les accompagnent, et aucun fossile incompatible n'a été signalé depuis trente ans. Il est exploité à Sarrencolin, Ferrières, Ainhoa, Oyarzun, Renteria et Loyola, et il revient deux fois au nord de Salles, à Onux et à l'ouest de la grotte de Lourdes, entre les ardoises à Ammonites et le Flysch de la plaine.

Le conglomérat, ainsi que le marbre, reviennent dans le lambeau entre Arras et Arbéost; j'ai pu signaler les Rudistes en place aux Eaux-Chaudes en 1898, le Cénomanien étant au-dessous caractérisé par des *Schiosia*, reconnus par M. Douvillé et par la *Janira quinque costata* et l'*Exogyra flabellata* d'Oyarzun. Les lambeaux d'Argelès tournent brusquement au Sud, au col d'Arrioutort, et, plongeant profondément à l'Ouest, viennent se réunir au Crétacé des Eaux-Chaudes. Le Jurassique les suit à l'extérieur, et forme, au Pic Bergons, un coin pincé dans ce Crétacé. On ne peut supposer que ce Jurassique ait marché le long de son affleurement; et à l'est de Gavarnie un coin analogue est enfoncé, par les pics Sulsa et Fulsa, également jusqu'au milieu de la chaîne; des cas analogues ont été signalés à l'Ouest vers l'Océan. M. Termier a d'ailleurs trouvé le mouvement du Nord au Sud, aussi bien dans les Asturies que dans les Pyrénées, bien qu'on ait nié l'existence du Nummulitique de ma Carte des *Comptes rendus* de 1894.

M. Douvillé ayant signalé à Gavarnie la notable différence avec la tectonique des Alpes, j'ai conduit des géologues du Service de mon pays à Gavarnie, Bielsa, etc., et ils ont largement décrit, dans le *Geological Magazine* de 1908, une comparaison avec les failles de poussée de l'Écosse, et contre la théorie contraire. Ils n'ont pas vu la série d'imbrications au Nord, entre Gavarnie et Lourdes, qui correspondent aux racines cachées en Écosse et rappellent celles de Gosau.

M. Douvillé a reconnu les marnes rouges intercalées dans le Cénomanien, dans le voisinage de la faille de Boo, figurées sur la Carte comme lisières du Trias entourant des ophites plaquées sur la surface du Paléozoïque; on les voit dans les profondes gorges de Ferrières sortant des profondeurs comme salbandes gypseuses de ces ophites, depuis le Silurien jusqu'au Lias.

Vers Bagnères elles sont accompagnées de granite dans les ardoises à Ammonites. Le granite, nié depuis Salies-du-Salat jusqu'à Ossun, est assez admis pour que je n'ai pas à insister sur le métamorphisme de certaines couches, à Gavarnie, longtemps classées en Cambrien comme les ardoises de Lourdes. C'était explicitement pour changer la classification antérieure qu'on a imaginé le Cambrien à Gavarnie et le Trias à Biarritz, en vertu d'un métamorphisme autrement explicable.

Les failles, les changements brusques de direction, et les glissements latéraux de quelques mètres sont bien connus dans toutes les mines du globe, on les a laissés de côté dans bien des coupes récentes. Mais les Pyrénées, selon la dernière théorie de Suess, sont les débris d'une ancienne chaîne, resoudés par une enveloppe de Crétacé. Sur leur lisière on voit, comme au sud de Roncevaux, les pointements de leurs anciennes têtes enfouis dans le Flysch et bordés par les conglomérats, les lignites et les récifs frangeants du Cénomanien. Dans les montagnes de Mauléon, des pics escarpés et de hautes falaises sont enfouis dans la couverture discordante. On peut supposer que l'ancienne chaîne devait descendre assez rapidement sous la mer, avec une surface pareille à celle de nos jours, profondément décomposée et accompagnée de conglomérats et de lignites. Un grès spécial, facilement silicifié et passant aux conglomérats et à des épanchements d'ophite avec marnes irisées, indique l'ancienne surface. Les calcaires coralligènes, très irrégulièrement déposés, ont été dérangés par des mouvements plus récents; ils varient brusquement en plongement et direction, et peuvent suivre les vallées actuelles comme des récifs frangeants. En les suivant de l'Ouest à l'Est plutôt qu'en sens contraire, l'explication de l'inconnu par le connu m'a empêché d'accepter les conséquences géométriques des erreurs des cartes. En utilisant tous les plans exacts, les théories exotiques ne m'ont pas aidé. Même à Gavarnie et aux Eaux-Chaudes, des calcaires qui paraissent horizontaux sont en réalité fortement inclinés lorsqu'on examine des coupes en travers des vallées; ils se redressent brusquement contre les anciennes falaises. Le mineur a l'habitude de chercher en travers des vallées et de se méfier des apparences en perspective. Ce qui importe, c'est de rechercher sur place la vérification des théories.

MÉTÉOROLOGIE. — *Recherches sur une nouvelle méthode de prévisions météorologiques.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Bigourdan.

Nous poursuivons, depuis plus de dix années, des recherches sur les relations existant entre les troubles visibles de la surface solaire, les troubles électriques et magnétiques terrestres, et ceux de l'atmosphère.

L'étroite relation qui unit ces divers phénomènes nous a permis d'établir une nouvelle méthode de prévision de l'état de l'atmosphère, dans une région déterminée, telle que l'ouest de l'Europe.

Cette méthode a été appliquée avec succès par le Bureau militaire météorologique.

Elle a permis d'y faire des prévisions météorologiques très satisfaisantes, trois ou quatre jours à l'avance, qui ont grandement contribué à préciser les prévisions locales déduites des méthodes habituelles.

La nouvelle méthode semble être dès maintenant susceptible de recevoir d'utiles applications dans les observatoires météorologiques.

Les déductions que l'on peut tirer de l'étude méthodique des foyers d'activité solaire, ainsi que de celles des variations électriques et magnétiques du champ terrestre, doivent être interprétées d'une façon différente suivant les régions terrestres où elles s'appliquent.

Les actions atmosphériques dues aux centres actifs peuvent être prévues avec une précision suffisante, d'après la nature des foyers solaires, leur activité, la rapidité et l'importance de leurs transformations, leur position relative sur l'astre.

L'état relatif des centres actifs provoque toujours des effets semblables sur l'atmosphère terrestre, dans une région déterminée pendant la même saison.

L'importance des troubles électromagnétiques provoqués par certains centres actifs, tels que ceux renfermant un grand nombre de petites taches et de facules, en transformation continuelle, principalement à leur voisinage du bord ouest de l'astre, est accusée par des troubles rythmés et persistants, dans la charge électrique des couches inférieures de l'atmosphère, ainsi que par des troubles correspondants de la composante magnétique horizontale.

Les grands troubles électromagnétiques concordent toujours avec de

profondes perturbations atmosphériques, ainsi qu'avec des sismes et des éruptions volcaniques.

La formation et la disparition simultanée de taches ou de facules dans des foyers d'activité distincts, concordant avec la formation de grains d'orages, principalement pendant la durée de leur passage du bord est au méridien central, amènent un relèvement général de la température.

Lorsque ces foyers ne sont pas accompagnés d'autres centres d'activité, leur passage coïncide avec une période de beau temps, accompagnée d'un relèvement de la température.

La disparition des centres actifs amène toujours un abaissement général de la température.

Nous donnons les indications précédentes à titre d'exemples, car il existe un grand nombre d'autres déductions que l'on peut tirer de l'étude méthodique de la surface solaire, jointe à celle des actions électromagnétiques.

Les déductions que l'on peut tirer de ces observations simultanées permettent d'obtenir des prévisions précieuses sur l'état de l'atmosphère pendant les trois ou quatre jours qui les suivent.

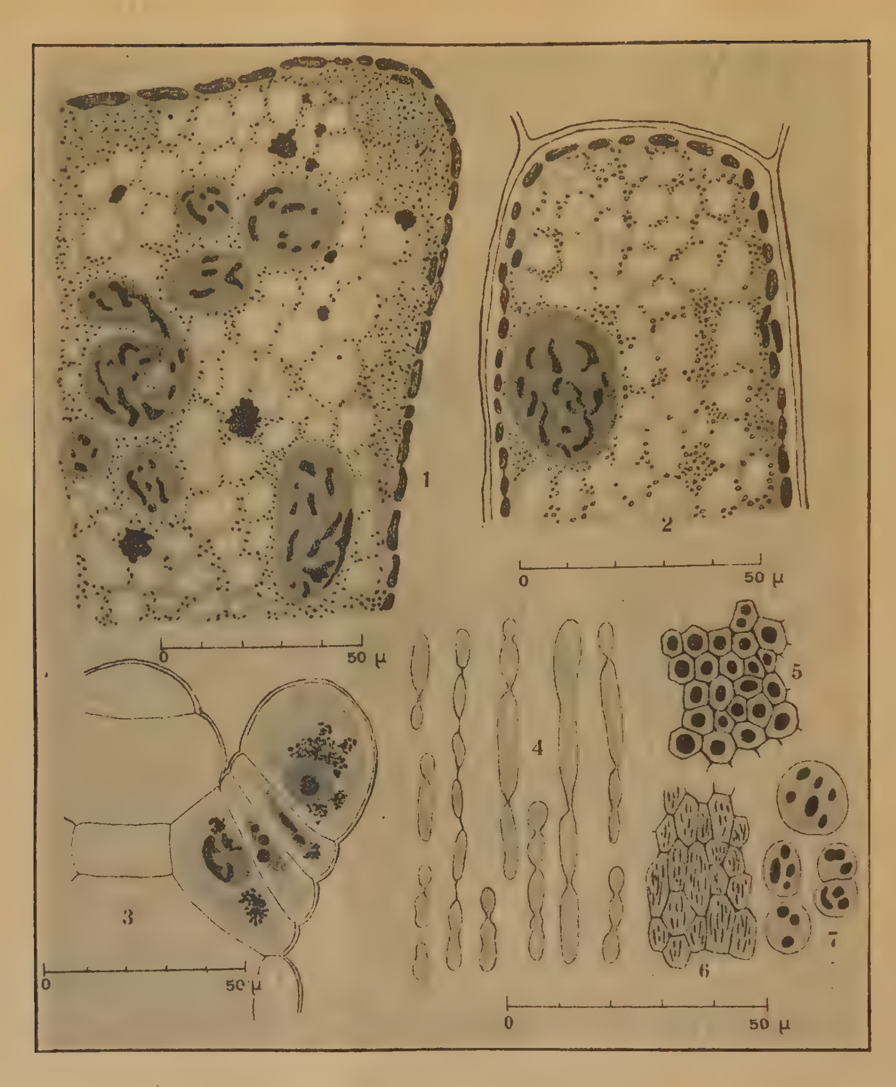
Les indications générales précédentes sont utilement complétées par celles que fournissent les observations météorologiques habituelles. L'ensemble de ces indications permet de donner une forme très précise aux prévisions à courte échéance applicables à chaque région déterminée.

Il semblerait très désirable d'organiser un service d'observations d'ensemble effectuées en même temps sur divers points du globe, permettant de centraliser ce service dans un même observatoire, où l'on pourrait tirer des déductions extrêmement utiles pour la Physique terrestre et la Météorologie.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le chondriome, les chloroplastes et les corpuscules nucléolaires du protoplasme des* Chara. Note (¹) de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Chondriome. — J'ai étudié, par le moyen des méthodes dites *mitochondriales*, la structure cytologique de quelques espèces de *Chara*, notamment du *C. fœtida* et du *C. hispida*. La méthode de Regaud, suivie de la coloration à l'hématoxyline, est celle qui convient le mieux.

(¹) Séance du 27 janvier 1919.



Chara fœtida : 1, fragment d'une jeune cellule internodale caulinaire; 2, fragment d'une cellule corticante caulinaire; 3, jeune rameau du premier verticille caulinaire; 4, chloroplastes d'une cellule internodale caulinaire; 5, couche pavimenteuse de chloroplastes avec grains d'amidon dans une foliole; 6, chloroplastes avec petits grains d'amidon dans une cellule corticante de rameau-feuille; 7, chloroplastes amylacés d'une cellule non cortiquée de la pointe d'un rameau-feuille.

Cette méthode permet de mettre en évidence un chondriome constitué par de petites mitochondries granuleuses ou sous forme de très courts bâtonnets. On les trouve dans toutes les cellules, sauf dans les cellules spermatogènes de l'anthéridie (*fig.* 1). Il n'est pas rare de trouver des mitochondries creusées d'une petite vésicule claire et qui doivent être des mitochondries en activité sécrétrice (*fig.* 2).

Chloroplastes. — On sait que dans les cellules adultes des *Chara*, le protoplasme est différencié en une couche périphérique immobile de faible épaisseur, et une couche interne, creusée d'une ou de plusieurs grandes vacuoles, et animée d'un mouvement rapide. C'est dans la couche externe immobile que sont placés les grains de chlorophylle disposés en files serrées.

L'origine des chloroplastes de ces plantes est restée jusqu'à présent inconnue. Mes observations me permettent de dire que les jeunes chloroplastes apparaissent dans les cellules initiales des points végétatifs. Dans ces cellules (*fig.* 3), on voit, autour du noyau, un amas de granulations se colorant fortement par l'hématoxyline et, d'une manière générale, par tous les colorants des nucléoles du noyau. Les plus petites de ces granulations sont de la taille des mitochondries granuleuses.

Ces granulations se différencient progressivement en même temps qu'elles émigrent vers la périphérie; dès que l'on peut discerner leurs formes, elles paraissent irrégulières, anguleuses, et dans les plus grosses on peut voir une vésicule centrale. A ce moment, on peut considérer ces corpuscules comme de jeunes chloroplastes; ceux qui sont déjà à la périphérie et même beaucoup de ceux qui n'y sont pas encore se voient, sur le vivant, colorés en jaune clair; leur vésicule est apparemment un grain d'amidon en formation, mais ne se colorant pas encore à l'iode.

Ces granulations, se colorant comme les nucléoles, ont été aperçues déjà dans certains *Chara* par Kaiser (1896), par Debski (1897, 1898), par Strasburger (1908); Debski identifie ces granulations avec les nucléoles extranucléaires de Zimmermann (1896).

Arrivés à la périphérie de la cellule, les chloroplastes verdissent, grossissent et se fragmentent avec activité, surtout dans le sens longitudinal, à mesure que la cellule s'allonge elle-même; suivant l'âge et la position de la cellule, ils se disposent en couche pavimenteuse ou en files longitudinales. Souvent des chloroplastes sont unis entre eux en chaînettes plus ou moins longues avant de se fragmenter; de bonne heure ils produisent des grains d'amidon (*fig.* 4, 5, 6, 7).

Les chloroplastes sont constitués par une substance fondamentale peu chromophile et une substance très chromophile fibrillaire (*fig.* 1, 2).

Corpuscules nucléolaires. — Dans les cellules des *Chara* se trouvent des corpuscules (*fig.* 1) se colorant comme les nucléoles et qui ont attiré l'attention minutieuse des auteurs qui ont étudié la cytologie des *Chara*. Mes observations m'amènent à l'opinion que la plupart de ces corpuscules, qui continuent à se fragmenter au sein du protoplasme cellulaire, sont réellement de nature nucléolaire et sont, en partie, expulsés par le noyau lui-même et, dans les cellules âgées, en grande partie abandonnés dans le protoplasme par des noyaux qui s'y sont fondus.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Le timbre de la voix chez les sourds-muets.* Note de M. **Marage**, présentée par M. Delage.

Le timbre est la qualité qui permet de distinguer entre elles les différentes voix d'une même tessiture. Mes premières recherches sur ce sujet datent de 1898 ([1]). J'ai pensé qu'il serait intéressant de les reprendre avec des procédés différents.

Il convient d'abord de bien limiter le programme de ce travail :

J'appelle *sourd-muet* un infirme qui est né complétement sourd pour tous les sons ([2]), ou qui l'est devenu avant l'âge de trois ans.

Tous les autres, qui sont devenus sourds plus tard, ou qui ont des restes d'audition, ne sont pas, au point de vue qui nous occupe, de véritables sourds-muets : ils ont souvent une voix se rapprochant de la normale; c'est une voix naturelle qui n'est due que pour une faible part à leurs études et aux exercices spéciaux auxquels ils ont été soumis.

Le nombre de ces faux sourds-muets, ou de ces demi-sourds, comme on les appelle parfois, est variable suivant les établissements.

Il est rare que, dans une classe de 12 élèves, il n'y en ait pas un seul; la moyenne est de 2 ou 3; il arrive qu'on en rencontre de 5 à 6, c'est-à-dire près de 50 pour 100.

Dans leur ensemble, ces différentes classes ne sont pas comparables entre elles : un professeur qui a comme élèves 50 pour 100 de demi-sourds

([1]) *La voix des sourds-muets* (*Bull. Acad. Méd.*).

([2]) Un sourd complet est celui qui paraît incapable de distinguer les sons voyelles entre eux, et, à plus forte raison, celui qui est incapable de les reproduire.

obtiendra de plus brillants résultats, au point de vue de la parole, que celui qui n'aurait que des sourds-muets de naissance.

Ceci posé, et le programme de ce travail étant bien délimité, je vais chercher la cause du timbre de la voix des vrais sourds-muets, voix tellement spéciale que lorsqu'on l'a entendue une fois, on ne l'oublie plus.

Description. — Un sourd-muet produit une voyelle en s'appuyant sur la vieille théorie d'Helmholtz, c'est-à-dire en donnant à sa bouche une forme déterminée, et une seule, pour cette voyelle. Ceci fait, il souffle dans son résonnateur et si, en même temps, ses cordes vocales vibrent, il émet une voyelle plus ou moins bonne et plus ou moins reconnaissable.

Chez un sujet normal, il n'en est pas ainsi et l'on peut faire les cinq voyelles fondamentales avec une forme quelconque de bouche, et même en annulant complètement le résonnateur buccal.

Il n'y a donc qu'un lointain rapport entre la voix spéciale des sourds-muets et la voix naturelle, et l'on ne saurait conclure de l'une à l'autre.

Un sourd-muet fait toujours la même voyelle de la même manière : un sujet normal n'a peut-être jamais fait deux fois la même voyelle d'une façon identique.

La première cause du timbre spécial des sourds-muets est donc la forme constante et unique de la bouche pour une voyelle.

La deuxième cause est la suivante : le larynx des sourds-muets joue dans la phonation un rôle secondaire, alors que, chez le sujet normal, cet organe a un rôle prépondérant et change de forme et de position à chaque note et à chaque voyelle.

J'ai étudié ailleurs (1) l'action des muscles extra-laryngiens, je vais examiner maintenant le rôle des muscles intra-laryngiens :

Muscles extra-laryngiens. — Ils peuvent se diviser en deux groupes : le premier part du larynx ; le second de l'os hyoïde.

Le *premier groupe* se compose du muscle *thyrohyoïdien*, élévateur, et de son antagoniste, le *sterno-thyroïdien*, abaisseur : si l'os hyoïde était fixe le larynx pourrait monter et descendre sous l'influence de ces deux seuls muscles, mais ces déplacements seraient assez faibles : ils sont amplifiés par les déplacements de l'os hyoïde lui-même qui se font sous l'influence d'un deuxième groupe musculaire qui part de l'os hyoïde et non du larynx.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 936.

Le *deuxième groupe* se compose des élévateurs qui vont s'insérer à la base du crâne, à la langue et au maxillaire inférieur, tandis que leurs antagonistes, les abaisseurs, s'insèrent à la clavicule et à l'omoplate.

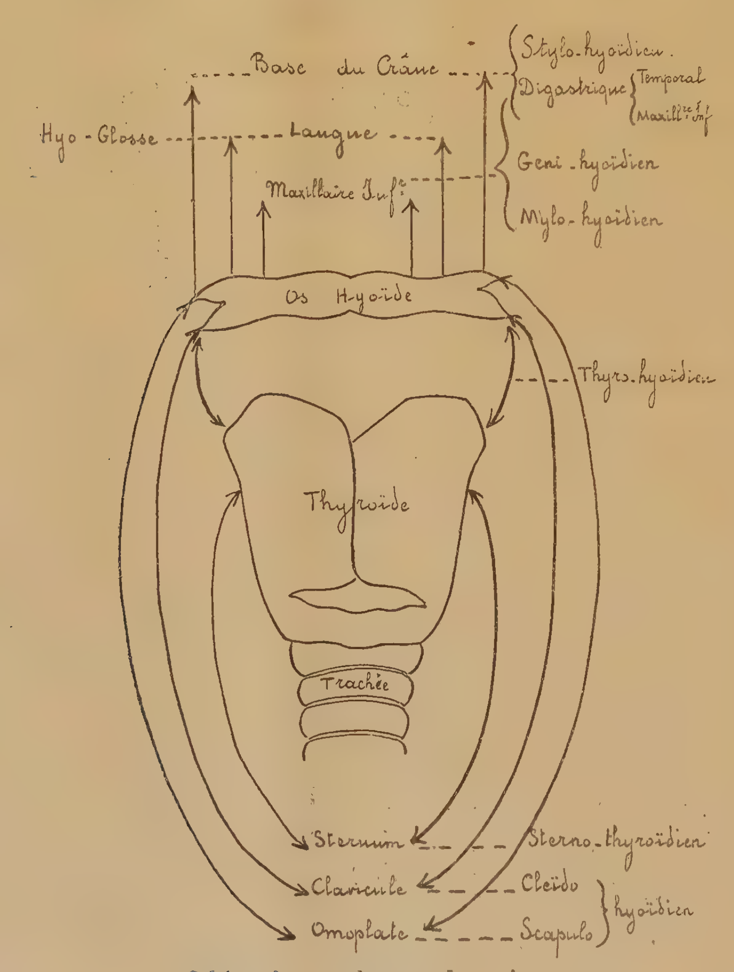


Schéma des muscles extra-laryngiens.

Tous ces points d'insertion, surtout ceux du maxillaire inférieur et de la langue, sont essentiellement mobiles : on comprend alors combien seront variées les positions que pourra prendre le larynx pendant la phonation.

La figure schématique ci-jointe montre l'ensemble de ces muscles.

Nous nous trouvons donc en présence d'un organe qui, non seulement change de forme à chaque instant sous l'influence des muscles intra-laryngiens, mais qui encore change de place sous l'influence des muscles extra-laryngiens; ces mouvements modifient complètement la forme et le volume de la colonne d'air vibrante supra-laryngienne et transforment les tracés [1].

Or les vrais sourds-muets ont un larynx peu mobile; ils soufflent dans leur organe comme ils souffleraient dans une trompette, et la voix qu'on leur donne est une voix tout à fait artificielle qui rappelle beaucoup plus celle d'une poupée que celle d'un être humain.

Conclusions. — Il s'ensuit que, pour modifier la voix des sourds-muets, il faut, ou bien développer leur audition [2] de manière à les faire passer dans la catégorie des demi-sourds, ou bien, si cela ne peut se faire, développer l'action de leurs muscles intra et extra-laryngiens. Il ne semble pas impossible d'obtenir ce résultat avec les procédés que j'ai déjà indiqués ici [3] et sur lesquels je crois inutile de revenir.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

É. P.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 155.

(2) *Mesure et développement de l'audition.*

(3) *Développement de l'énergie de la voix* (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 825); *Surdi-mutité de guerre* (*Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 600).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1918.

La vie psychique des insectes, par L.-E. Bouvier, membre de l'Académie des sciences. Paris, Ernest Flammarion, 1917; 1 vol. 19^{cm}.

Précis de Mécanique rationnelle, par P. Appell, membre de l'Académie des sciences, et S. Dautheville. Paris, Gauthier-Villars, 2e éd., 1918; 1 vol. 25^{cm}.

Cosmogonie humaine, par Élie Alta, alias G. Bouchet. Vichy, Bouchet-Dreyfus, 1917; 1 vol. 25^{cm}.

La vie et l'œuvre de Lacépède, par Louis Roule. Extrait des *Mémoires de la Société zoologique de France*, vol. XXVII, nos 1 à 4. Paris, Société zoologique de France, 1918; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. A. Lacroix.)

École spéciale de mécaniciens et de navigation. *Cours de moteurs marins à explosion et à combustion.* Paris, École spéciale de mécaniciens et de navigation, 73, boulevard Péreire. S. d.; 1 fasc. 26^{cm}.

Instituto de Butantan. *Collectanea de Trabalhos* 1901-1917. Sao Paulo, typ. do « Diario official », 1918; 1 vol. 23^{cm}.

Comune di Milano. *Raccolta vinciana presso l'archivio storico del comune di Milano :* fasc. IX. (1913-1917). Milano, 1918; 1 vol. 20^{cm}.

Examination of men entering the Aviation Service, by Charles Moore Robertson. Reprinted from *The Journal of the american medical Association*, 7 septembre 1918, vol. 71, p. 813-817. Chicago, American medical Association, 1918; 1 fasc. 20^{cm}.

The potential of a lens, and allied physical problems, by G. Greenhill. Reprinted from the *American journal of Mathematics*, vol. XXXIX, n° 4, october 1917; 1 fasc. 31^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

The principal professional papers of Dr. J.-A.-L. Waddell, civil engineer, by John Lyle Harrington. New-York, Virgil H. Hewes, 1905; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

De Pontibus : A pocket-book for bridge engineers, by J.-A.-L. Waddell. New-York, John Wiley, second edition, 1908; 1 vol. 16^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

Addresses to engineering students, by Waddell and Harrington. Kansas, Waddell

and Harrington, second edition, 1912; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

Bridge engineering, by J.-A.-L. WADDELL; vol. 1 et 2. New-York, John Wiley, 1916; 2 vol. 23^{cm}. (Présentés par M. le général Sebert.)

Nickel steel for bridges, by J.-A.-L. WADDELL. Reprinted from *Transactions of american Society of civil engineers*, vol. LXIII, p. 101 (1909); — *The possibilities in bridge construction by the use of high-alloy steels*, by J.-A.-L. WADDELL. Reprinted from *Transactions of american Society of civil engineers*, vol. LXXVIII, p. 1 (1915); 2 fasc. 23^{cm}. (Présentés par M. le général Sebert.)

Engineering economics, by J.-A.-L. WADDELL. Lawrence, University of Kansas, 1917; 1 fasc. 22^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

The engineering profession fifty years hence, by Dr. J.-A.-L. WADDELL. Reprinted from *The scientific Monthly*, vol. VI, n° 6, june 1918, and vol. VII, n°s 1 and 2, july et august 1918. Lancaster, New Era printing Company, 1918; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

ERRATA.

(Séance du 30 décembre 1918.)

Note de Mlle *Lucienne Dehorne*, Fausse incubation chez un Eunicien :

Page 1085 à 1088, dans toute la Note : *au lieu de* Eunicien, *lire* Néréidien; *au lieu de* Malgremi, *lire* Malgreni.

(Séance du 27 janvier 1919.)

Note de MM. *C. Delezenne* et *H. Morel*, Action catalytique des venins de serpents sur les acides nucléiques :

Page 245, ligne 8, *au lieu de* 9 pour 100, *lire* 9 pour 1000; ligne 11, *au lieu de* 1 pour 100, *lire* 1 pour 1000.

Page 246, ligne 16, *au lieu de* Borrison, *lire* Borrisow.